

1. Radio Definido por Software

Hoy en día los sistemas de Comunicación por Radio se encuentran en constante desarrollo en el ámbito de las Telecomunicaciones, por ejemplo, Telefonía celular, comunicaciones inalámbricas, radiodifusión sonora, etc., los cuales presentan problemas de diferente índole.

Sabemos que los Organismos Internacionales reciben fuertes presiones de los mercados para establecer normalizaciones a tiempo, pero a su vez deben mantener la flexibilidad suficiente para permitir la innovación tecnológica y la creatividad de los departamentos de I+D de las empresas; mientras que de su parte, los operadores tienen intereses cada vez más “globalizados” y los fabricantes de terminales desearían que los nuevos sistemas tuvieran una aplicación universal, para evitar la fragmentación del mercado y poder ofrecer un servicio utilizable en cualquier región del mundo.

Hasta ahora, estas exigencias han tenido un carácter contradictorio y los esfuerzos de una normalización mundial han fracasado en su mayor parte.

Sin embargo, para poder considerar la integración de múltiples arquitecturas de comunicaciones no sólo se debe tomar en cuenta el nivel de hardware sino también la parte de software que establece los pasos a seguir para realizar una comunicación.

Los protocolos o pila de protocolos en las capas superiores del modelo OSI permiten la comunicación y el entendimiento de la misma en una comunicación de datos. La comunicación de la capa física a nivel hardware, hasta la capa de aplicación (software) está directamente ligada y es imposible pasar de un nivel al otro sin requerir de servicios y funciones los cuales se encuentran dentro de las capas intermedias.

Así como en su momento no fue posible establecer una norma única para la televisión a color, ni para la TV Digital Terrestre entre EU, Europa y Japón, así como para la telefonía celular de segunda generación en Europa y otros países (GSM) son incompatibles con el empleado en EU y demás países de su órbita de influencia tecnológica.

Desde la creación y evolución constante de normas para 2.5G, 3G, existe una gran incompatibilidad entre tecnologías de redes inalámbricas utilizadas por diferentes países. Desde una perspectiva comercial y global, este problema inhibe el uso de servicios de roaming y otras facilidades por lo que esta es una de las grandes oportunidades de SDR (Radio Definido por Software), ya que el aspecto económico es de suma importancia, para la integración transparente de diversas arquitecturas de comunicación.

SDR es una tecnología de rápida evolución, que está recibiendo un gran reconocimiento e interés en el ámbito de las telecomunicaciones. En los últimos años los sistemas de radio analógicos están siendo sustituidos por sistemas de radio digital para diferentes aplicaciones.

1.1 ¿Qué es Radio Definido por Software?

El término “Radio Definido por Software” fue acuñado por Joe Mitola en 1991 para referirse a “radios” reconfigurables. Es decir, una misma pieza de hardware capaz de realizar diferentes funciones en diferente tiempo. De esta manera plantea el hecho de contar con un dispositivo de hardware de “propósito general” en el ámbito de comunicaciones. Este concepto ha logrado abrir un amplio panorama de oportunidades para la industria de las comunicaciones y la investigación en ese mismo sentido.

Existen diferentes conceptos del término SDR es por ello que sólo se hará mención a 3 de sus definiciones más importantes.

- 1) SDR es una radio sustancialmente definida por software y cuyo comportamiento en la capa física del modelo OSI puede ser considerablemente alterado a través de cambios en su software.
- 2) SDR es un término utilizado para describir software de control para una aplicación de radio el cual provee técnicas de modulación, operaciones de banda angosta y banda ancha, funciones de seguridad en comunicaciones y requerimientos de forma de onda.
- 3) SDR es un sistema de comunicación por radio en donde los componentes que se han implementado por hardware (por ejemplo, mezcladores, filtros, amplificadores, moduladores, demoduladores, detectores, etc.,) ahora se implementarán utilizando software en una computadora u otros dispositivos.

SDR es una tecnología creada para mejorar la interoperabilidad entre diferentes servicios. La tecnología SDR está compuesta de software y hardware, y puede ser reconfigurada dinámicamente para habilitar comunicaciones entre una amplia variedad de normas de comunicaciones, protocolos y radio enlaces. SDR permite crear dispositivos inalámbricos y equipo de redes multibanda y multifuncionales, que pueden ser dinámicamente reconfigurados, o a través de actualizaciones de software y reconfiguraciones de hardware.

1.2 ¿Cómo se realiza la reconfiguración de Software en una Radio?

La reconfiguración de software en una terminal de radio se puede hacer mediante la descarga a través de la propia comunicación vía radio o por cualquier otro medio, por ejemplo mediante tarjetas de memoria. Este criterio se puede aplicar a otros equipos, tales como las Estaciones Base de Telefonía Móvil o en los sistemas de Radio PMR (Radio Móvil Privado).

Sin embargo, es en la propia funcionalidad de la terminal telefónica donde se manifiesta la gran flexibilidad y el interés de este concepto.

Es cierto que un sistema de telefonía celular está compuesto no sólo de equipos, sino también que incluye una gran infraestructura fija compuesta de Estaciones Bases y concentradores junto con la red de interconexión y conmutación. Hoy en día el número de terminales de los usuarios cuenta con cientos de millones tomando en cuenta

únicamente a la red de GSM, por lo que cualquier cambio que requiera sustituir las terminales implicaría un gran impacto.

Simplemente tomando como ejemplo un usuario europeo que desea estar al día en cuanto a la tecnología celular, ya se habrá visto obligado a cambiar de terminal unas cuatro veces en los últimos 6 años: del analógico (TDMA) al digital GSM (2G), luego al terminal WAP (Wireless Application Protocol), posiblemente al GPRS (General Packet Radio Service) y después al UMTS (3G). Esto sin contar con la nueva banda de 1800 MHz (terminales banda 900/1800 MHz 2G) y todo esto, sólo para el caso de Europa.

Se considera que la reconfigurabilidad debería de alcanzar a todas las capas del modelo OSI (una estructura jerárquica de 7 capas que define los niveles de operación y su interrelación), desde la capa de aplicación pasando por la de enlace de datos y el control de acceso del medio hasta la capa física (interfaz de aire) ver (Tabla 1).

Tabla 1. Capas del Modelo OSI

Aplicación
Presentación
Sesión
Transporte
Red
Enlace de Datos
Física

Pero no sólo la telefonía celular impulsa el desarrollo del Radio Definido por Software. Las aplicaciones militares y de defensa son también áreas de máximo interés, ya que la tecnología avanza más rápido de lo que sería óptimo para el tiempo de adaptación y al hecho de que los ejércitos modernos son cada vez más multinacionales. En la siguiente figura (ver Figura 1), se puede apreciar la oportunidad SDR en el ámbito de las comunicaciones (Generación de sistemas inalámbricos comerciales y ventana de oportunidad para el Radio Definido por Software).

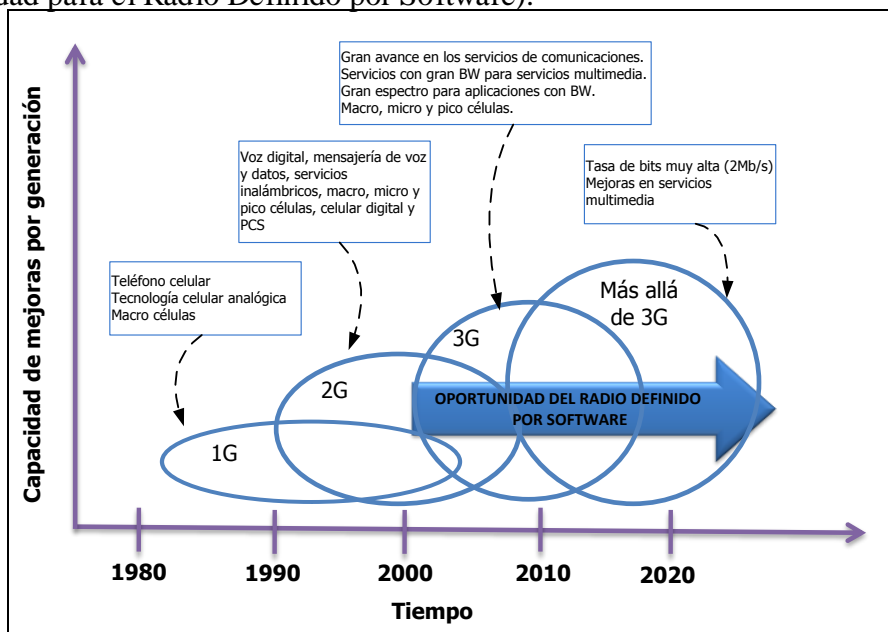


Figura 1. Oportunidad de para Radio Definido por Software en el ámbito de las comunicaciones

1.3 Arquitectura de un Sistema Transceptor de Radio

Con la finalidad de entender cuáles son las dificultades existentes en la aplicación práctica de esta tecnología, se explicará cómo está compuesta la arquitectura general de un sistema de radio y sus conceptos básicos, así como a los probables requerimientos de capacidad de proceso y el estado actual de la técnica de semiconductores junto con su proyección a 10 años.

1.3.1 Antena

La transmisión de la información se realiza mediante ondas electromagnéticas que son transmitidas al espacio, la atmósfera y otros medios no conductores. El elemento que genera estas ondas se denomina Antena. Y puede considerarse como un transductor y un adaptador de impedancia al medio de transmisión (ver Figura 2).

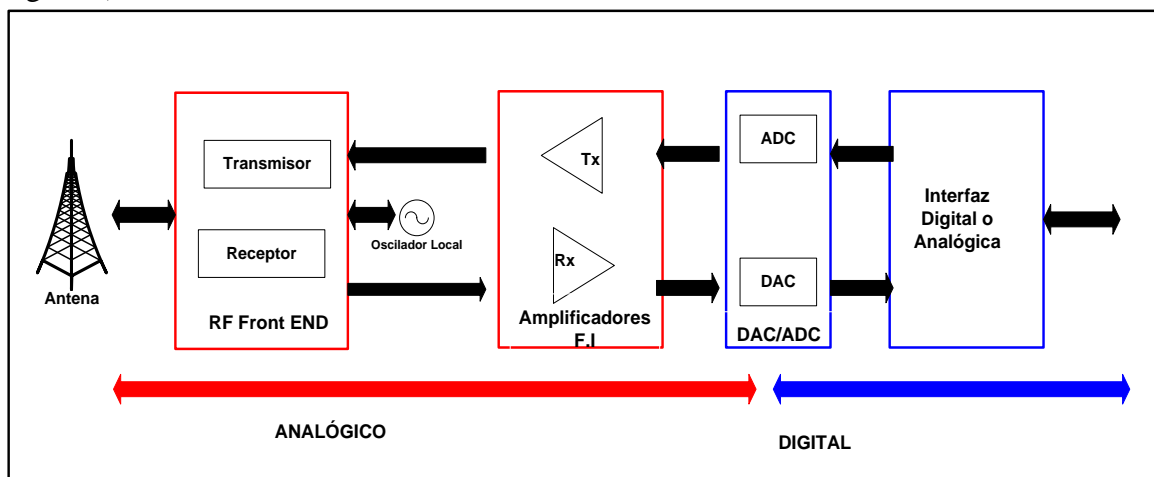


Figura 2. Diagrama de un Transceptor de radio

Front End de RF

El Transceptor cuenta con dispositivos electrónicos de estado sólido que procesan el nivel de las señales para que sea adecuado a la función que les precede o les sigue. Esta función de adaptación de nivel se realiza en el bloque "Front End de RF". Por ejemplo en el caso de la telefonía celular GSM las señales se procesan a la frecuencia de transmisión/recepción del orden de 1.000 MHz (10^9 Hz). En el lado transmisión, se produce una amplificación de la señal entregada por las etapas anteriores hasta el nivel de potencia suficiente para su transmisión por el medio físico. Este nivel de potencia es del orden de 1 W (de 0,1W a 10 W, aunque depende mucho del sistema de que se trate). En telefonía GSM es del orden de 2W como máximo (+ 33dBm).

1.3.2 Bloque de Frecuencia Intermedia

La mayor parte de la amplificación en recepción se produce a una frecuencia inferior, llamada frecuencia intermedia. En este caso el Front End RF realiza una conversión o adaptación de frecuencias. Por razones similares, también se procesa la señal del lado transmisión a una frecuencia inferior para luego convertirla al valor final y amplificarla hasta el nivel de aplicación a la antena. El bloque de Frecuencia Intermedia cumple estas funciones.

1.1.1. Oscilador Local

Genera las frecuencias apropiadas para convertir la frecuencia intermedia en la frecuencia de trabajo, mediante una mezcla no lineal que produce frecuencias de suma y resta. Se selecciona la frecuencia deseada mediante filtros analógicos para su amplificación en los amplificadores de frecuencia intermedia correspondientes.

1.1.2. Conversión AD/ DA

Puesto que la transmisión por el medio físico se realiza mediante señales analógicas pero el procesamiento en el Transceptor es de índole digital, se requiere una conversión analógica/digital en el receptor y digital/analógica en el transmisor.

1.1.3. Modulador/Demodulador

Para que pueda transmitirse una información útil mediante la onda electromagnética que se propaga, es necesario imprimir de algún modo esta información sobre una señal portadora”. Esto se logra modificando alguno de los parámetros que la definen de acuerdo con el valor de la información a transmitir.

Este proceso se denomina modulación y el correspondiente proceso inverso para la recuperación de la información es la “demodulación”). El bloque que realiza ambas funciones se abrevia como “MODEM”.

Estas funciones son actualmente muy complejas y totalmente digitales. Podemos afirmar que la gran evolución de los sistemas de Radio, se ha producido por el gran avance sobre los procesos de modulación/demodulación, ya que ha permitido la creciente capacidad de proceso digital de las señales.

En los sistemas modernos, la capacidad de separar las diferentes señales recibidas de modo de procesar sólo la que se desea está también incluida en el MODEM, mediante funciones de filtrado digital muy eficientes y complejas.

Los parámetros que se modifican para que la onda transmita información útil son típicamente la frecuencia o la fase/amplitud de la señal, utilizando modulaciones de múltiples niveles denominadas “en cuadratura”: mQAM, mPSK, etc.

1.1.4. TDMA Vs. CDMA

Los sistemas de telefonía celular deben dar servicio a un gran número de usuarios simultáneamente, disponiendo al mismo tiempo de relativamente poco espectro radioeléctrico. El proceso de permitir la coexistencia de varios usuarios que comparten los mismos recursos radioeléctricos se denomina acceso múltiple.

Según el método empleado, se denominan TDMA (Time Division Multiple Access) o CDMA (Code Division Multiple Access). El FDMA (Frequency Division Multiple Access) sólo se utiliza en GSM 2G para separar el sentido Transmisión del de Recepción.

Otro procedimiento de separación Tx/Rx es el TDD (Time Division Duplexing), ya empleado en los teléfonos inalámbricos con tecnología DECT (Digital European Cordless Telephony).

De una manera muy simplificada TDMA asigna a cada usuario un “espacio” temporal, durante la cual se transfiere la información que le corresponde. Los demás usuarios no pueden transmitir hasta que les toca su propio espacio (slot). Este proceso es similar en recepción.

En CDMA, todos los usuarios transmiten simultáneamente con un código de secuencia único, ocupando el mismo “espacio” de frecuencia en el espectro radioeléctrico por tiempo ilimitado.

El receptor conoce esta secuencia y esta sincronizado con la transmisión, por lo que es capaz de recuperar la información transmitida por el usuario con el que está en comunicación.

1.1.5. Incompatibilidad de los sistemas

Históricamente TDMA fue el primero en desarrollarse y es una técnica conocida. Es el sistema empleado por GSM 2G y evidentemente ha tenido un éxito fenomenal. Existe también otro sistema TDMA (ANSI-136) pero que no es GSM y que tiene su propio camino hacia 3G.

El CDMA es más reciente y es uno de los sistemas adoptados en USA para la transición de la telefonía celular analógica a la digital. Presenta algunas ventajas técnicas claras, especialmente cuando la propagación de la onda electromagnética es perturbada, lo que sucede casi siempre.

La confrontación económica, política y técnica no se ha hecho esperar y ha durado varios años, si bien los sistemas GSM 2G parecen haber triunfado comercialmente, al menos en cuanto a cantidad de usuarios.

Pero para la 3G, los caminos a seguir en cada región (TDMA o CDMA) son diferentes y lamentablemente nuevamente incompatibles.

La siguiente figura nos muestra cómo es que han evolucionado los sistemas 2G (ver Figura 3).

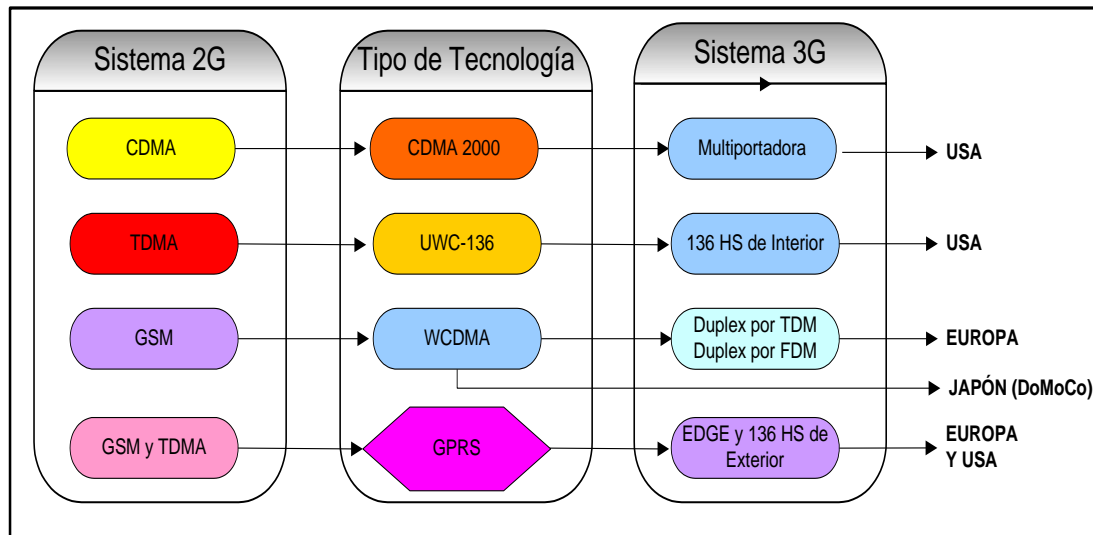


Figura 3. Evolución de los sistemas de 2G

1.1.6. El Software Radio al rescate

Ante estas perspectivas un poco sombrías, se muestra como puede ayudar la Radio Definido por Software a facilitar la vida a los usuarios, operadores y fabricantes.

Las tres áreas conflictivas principales en las que la aplicación de las técnicas de Radio Definido por Software pueden aportar soluciones son:

- 1) La transición gradual de 2G a 3G en zonas con un estándar único (Europa).
- 2) La diferenciación de los servicios entre operadores que compiten por un mismo mercado.
- 3) La incompatibilidad de los estándares de tercera generación.

1.1.7. La transición de 2G a 3G en Europa

Es seguro que el desarrollo de la UMTS (Universal Mobile Telecommunications Services, alias 3G) en Europa será gradual y a diferentes velocidades según el mercado. Este proceso durará posiblemente varios años y el disponer equipos reconfigurables por Software permitirá el Roaming entre regiones con diferentes grados de implantación 3G sin presentar una escasez para el usuario. Para los operadores, el disponer de estaciones base reconfigurables y actualizables por Software también presenta una ventaja económica y competitiva.

Por otra parte, la posibilidad de reconfigurar los equipos de los usuarios a medida que se implementen nuevas funcionalidades dará a los operadores una ventaja sobre sus posibles competidores. Hay que reconocer que la 3G hoy en día se encuentra en la definición de sus contenidos y que estos se irán incorporando gradualmente según el desarrollo del mercado y de los medios de que dispongan los operadores.

1.1.8. El Soñado Roaming Global

La posibilidad de conservar y utilizar la misma terminal o equipo en Europa y en USA sólo será posible con el desarrollo de modelos multiestándar. Estos sistemas podrían desarrollarse multiplicando los circuitos en silicio, de modo de disponer de los necesarios para cada estándar. Ésta es la solución empleada hasta ahora en los terminales GSM Multibanda. Pero en 3G esta solución podría ser muy costosa y compleja. Nuevamente la reconfiguración del equipo mediante software sería muy conveniente.

1.4. La Aplicación de la Filosofía Radio Definido por Software en una Terminal

La Figura 4 siguiente muestra el esquema ideal de un receptor configurable por software, el transmisor seguiría un esquema simplificado parecido:

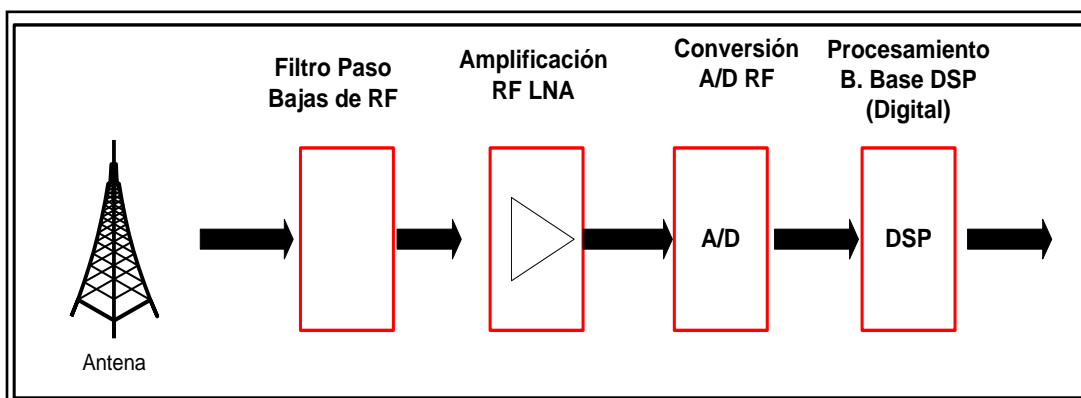


Figura 4. Esquema ideal de un receptor configurable por Software

La tecnología actual de integración de circuitos nos presenta dos soluciones, que podríamos considerar en competencia: la utilización de circuitos ASIC (Application Specific Integrated Circuits) de gran integración, de bajo consumo y relativamente económicos pero con una funcionalidad fija, por un lado y por otra parte, los circuitos DSP (Digital Signal Processing) que son totalmente programables pero todavía sufren limitaciones de velocidad, consumo excesivo y precio elevado.

El desarrollo de las técnicas de Radio definido por Software está fundamentalmente ligado a la posibilidad de sustituir los ASIC's por DSP's y desarrollar las herramientas necesarias (arquitecturas, lenguajes, librerías, protocolos, etc.) para su programación rápida y eficiente.

1.4.1. ¿Cuáles son las funciones del Transceptor en las que podrían aplicarse las técnicas de Radio Definido por Software?

Antena

Aunque se trata de un elemento generalmente pasivo, es posible utilizar sistemas activos para configurar dinámica y adaptativamente zonas especiales donde la emisión/recepción es máxima. Esta técnica se denomina también "Multiplexación Especial" y permite aumentar la capacidad del sistema mediante una reutilización más densa de las frecuencias disponibles. Se trata de una posible aplicación para las Estaciones Base y difícilmente aplicable a los teléfonos celulares.

Front End RF y Frecuencia Intermedia

Esta parte del Transceptor tiene un gran interés para la reconfiguración por software, debido a la multiplicidad de normas y bandas de frecuencia de la Interfaz en el Aire. Sin embargo, es también la parte más difícil de implementar por altas frecuencias empleadas. Por esta razón, se piensa que en una primera etapa, no es práctico digitalizar esta sección que continuará siendo analógica hasta que la tecnología de los DSP permita operar directamente a la frecuencia de antena.

Se esperan sin embargo mejoras en la tecnología de la circuitería de RF para operar en banda ancha y poder cubrir más de una banda de trabajo con un único bloque de RF.

MODEM/Banda Base

Este punto es sin duda el más prometedor y en la que se concentran casi todas las funcionalidades de interés para un sistema reconfigurable por software.

Es también el más complejo y aunque opera a frecuencias más bajas, las dificultades de implementación son importantes.

La arquitectura más probable en una primera etapa probablemente incluirá un "núcleo" basado en un DSP poderoso pero que deberá estar soportado por circuitos aceleradores especializados, que inicialmente podrían ser ASIC.

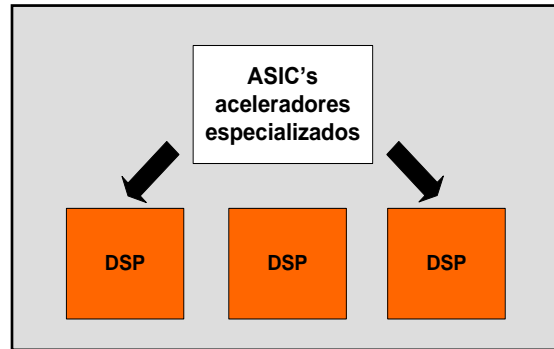


Figura 5. Arquitectura de un ASIC

Una de las funciones que requieren ser implementadas es la operación con distintas velocidades de reloj, según el estándar utilizado en cada momento. Se trata de evitar la multiplicidad de relojes (hardware) de alta precisión en el equipo, una solución sencilla pero costosa y cerrada. Un procedimiento elegante es el denominado DSRC (Digital Sample Rate Conversor).

El problema de DSRC es un problema trivial de interpolación, ya que toda la información presente en la señal original debe mantenerse en la señal convertida, en un ancho de banda determinado y reducido.

Otro problema a resolver es el desarrollo de lenguajes adecuados y una plataforma SOFTWARE que permita la gestión de descargas a equipos de distintos fabricantes desde las Estaciones Base de los distintos operadores y en las diferentes regiones geográficas. Varios trabajos actuales de desarrollo se orientan hacia una plataforma Middleware especializada y a extensiones de JAVA/JINI. Otros se orientan hacia la utilización de CORBA (Common Object Resource Broker Architecture) y varios otros a (IN, TINA, ICEBERG, MASE).

Las limitaciones anteriormente descritas obligarán a la aceptación de soluciones intermedias y una evolución gradual hacia la digitalización progresiva del Transceptor, a medida de la capacidad de proceso de los DSP lo permita.

El diagrama siguiente muestra el esquema de un receptor híbrido, realizable con la tecnología actual (ver Figura 6).

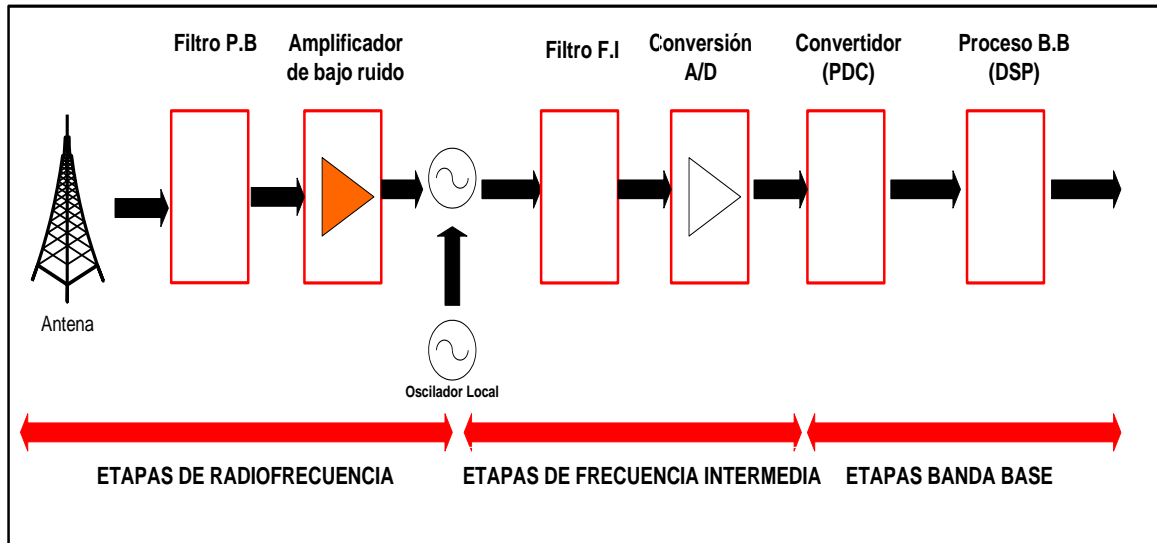


Figura 6. Esquema de un receptor híbrido

1.5. Evolución de la tecnología de los semiconductores

El desarrollo de esta tecnología depende mucho de la disponibilidad y el costo de los dispositivos DSP, los cuales se encuentran en plena evolución.

La siguiente tabla muestra la previsión de la evolución de las capacidades de los núcleos DSP y RISC en tecnología CMOS, desde 1997 hasta el 2012 (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 2. Evolución de la tecnología de los semiconductores¹

Año		1997	1999	2000	2000	2006	2012
Potencia de la batería Portátil	[W]	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	3.2
Dimensión de una compuerta	[mm]	0.25	0.18	0.15	0.13	0.10	0.10
Diámetro de pastilla (wafer)	[cm]	20	20	30	30	20	30
Tensión mínima Alimentación	[V]	1.8	1.5	1.2	1.2	0.9	0.5
Frecuencia máxima Reloj	[MHz]	200	400	600	700	900	1500
Potencia de núcleo DSP	[mW]	<90	<90	<90	<80	70	¿?
Mega-instrucc. /seg DSP (MIPS)		100	200	400	900	1000	¿?
Costo de Fabricación en millones	[\$]	20	15	12	12	¿?	¿?

Sin embargo no muestra algunas de las dificultades a superar para poder aplicar los DSP's en circuitos de alta frecuencia, tal como los requeridos para las etapas RF Front-End o en la modulación/demodulación sin conversión de frecuencia conocidos como sistemas sin Frecuencia Intermedia.

La mayor complejidad será el aumento de la capacidad de proceso (MIPS) en por lo menos un orden de magnitud, sin penalizar excesivamente el consumo de energía del

¹ La tabla fue preparada en 1998 por la Asociación de Fabricantes de semiconductores de USA y en algunos aspectos ha sido superada por la evolución tecnológica.

DSP ni su costo de fabricación.

1.6. Objetivos tecnológicos de SDR

El SDR pretende sustituir todas las funciones analógicas por funciones digitales, teniendo como objetivo final conectar un equipo totalmente digital a la antena que hace de interfaz con el aire.

Este objetivo final es difícil de implementar debido a las limitaciones tecnológicas, principalmente porque los convertidores ADC (analógico digitales) no trabajan en las bandas de radiofrecuencia y carecen del ancho de banda adecuado.

Las realizaciones habituales tienen una sección de radiofrecuencia, y el muestreo de la señal se hace a una frecuencia más baja.

1.7. Aplicaciones de SDR de 3G

La primera generación de las comunicaciones móviles celulares, comenzó en la década de los 80's, y empleaba técnicas de modulación analógica para transmitir y recibir voz analógica y solamente información entre los móviles y las estaciones base. Los sistemas de 2G (segunda generación) de principios de los 90's, se conoce como "digital" porque estos sistemas codificaban la voz en un flujo continuo digital y usaban técnicas de modulación digital para transmisión.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), desarrolló el estándar IMT2000, para definir los requisitos para la compatibilidad de sistemas 3G.

Este estándar incluye por ejemplo provisiones para soportar velocidades de conexiones de datos de por los menos 2Mbps. Muchos ven la tercera generación (3G) como una intención para proveer nuevos servicios a clientes, mientras otros ven a la siguiente generación como una mejor utilización de espectro.

De los estándares de 3G, el 3GPP (Universal Mobile Telecommunications System) UMTS es muy improbable que llegue a ser universal y que sea el más fuerte en Europa. El estándar CDMA2000 y el TDMA basado en sistemas GSM-EDGE, no serán exitosos en norte y Sudamérica, mientras Japón tiene su propio sistema WCDMA similar a UMTS.

Todos los sistemas que emplean 3G son potenciales aplicaciones SDR. Las radiocomunicaciones por software, ofrecen el potencial para resolver muchos de los problemas causados por la proliferación de nuevas interferencias en el aire. Las Estaciones Base y Terminales, usando arquitecturas SDR, pueden soportar múltiples interferencias de aire durante periodos de transición y su software puede ser fácilmente actualizado.

1.8. Arquitectura de Transmisores de Radio Tradicional

Como se puede ver en la siguiente Figura 7 se muestra un transmisor superheterodino con conversión dual. El diseño surgió desde 1930, y es casi seguro que una gran mayoría de hogares poseen un receptor superheterodino de alguna clase, ya sea de difusión radial, televisión, etc.

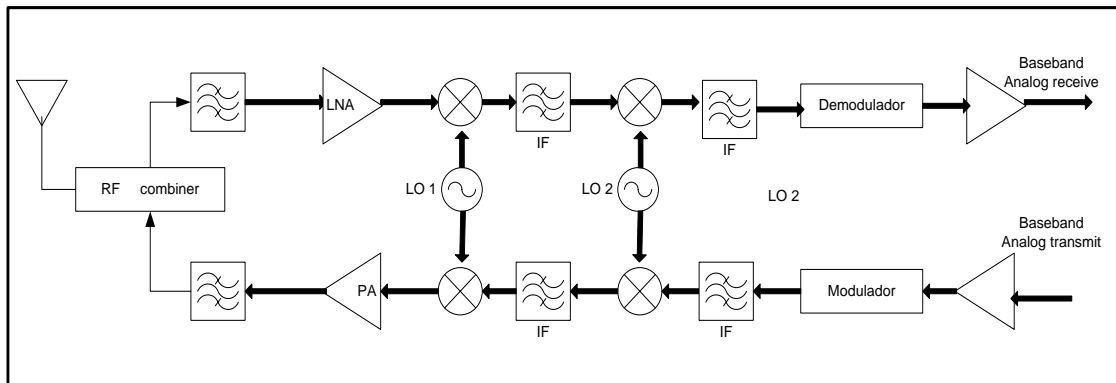


Figura 7. Transmisor Superheterodino

Desde el punto de vista del receptor la radiofrecuencia de la antena es convertida en una frecuencia intermedia debido a un proceso de mezcla o multiplexado de la señal entrante con el primer oscilador local LO1. La frecuencia intermedia es filtrada y luego mezclada a banda base por el segundo oscilador LO2, y el multiplexor. La señal modulada en banda base es demodulada para producir la información analógica del receptor, y la función recíproca es realizada por el transmisor. El número de etapas de conversión depende de la frecuencia de operación, teóricamente es posible agregar etapas y empujar la frecuencia de operación más alta. El transmisor superheterodino ha experimentado un maravilloso éxito a lo largo de la historia; fue utilizado en teléfonos móviles de 1G y es seguro que soportará los receptores de radio de bajo costo de muchos años por venir. Esta arquitectura cumplió con los sistemas de teléfonos móviles de 1G, como los sistemas de telefonía móvil avanzada (AMPS), la cuales emplean frecuencia modulada (FM) multiplexación por división de frecuencia (FD) para permitir el acceso a múltiples usuarios a rangos fijos del espectro.

Los sistemas AMPS asignan un rango del espectro de 30KHz para cada usuario sin tener en cuenta la cantidad de información a ser intercambiada.

1.9.Arquitectura Ideal de Radio Definido por Software

Consiste en un subsistema digital y un simple subsistema analógico. Las funciones analógicas son restringidas a aquellas que no pueden ser mejoradas digitalmente, que son:

- 1) Antena.
- 2) Filtrado de RF.
- 3) Combinación de RF.
- 4) Preamplificación en recepción.
- 5) Transmisión de potencia de amplificación.
- 6) Generación de frecuencia de referencia.

La separación de portadoras y la conversión de frecuencias altas y bajas a banda base es mejorada por los medios de procesamiento digital. De igual manera la codificación del canal y las funciones de modulación son mejoradas digitalmente en banda base por los mismos medios de procesamiento.

El software para una arquitectura ideal es en capas entonces el hardware es completamente abstracto de la aplicación de software. Una capa intermedia logra esa funcionalidad cubriendo los elementos del hardware como objetos y provee servicios

que permiten a los objetos comunicarse unos con otros mediante interfaces estándar, por ejemplo CORBA (Common Object Request Broker Architecture).

La capa intermedia incluye:

- 1) Sistema operativo
- 2) Controladores del hardware
- 3) Recursos de administración
- 4) Otras aplicaciones no específicas de software.

La combinación del hardware y la capa intermedia frecuentemente se llama framework (ver Figura 8).

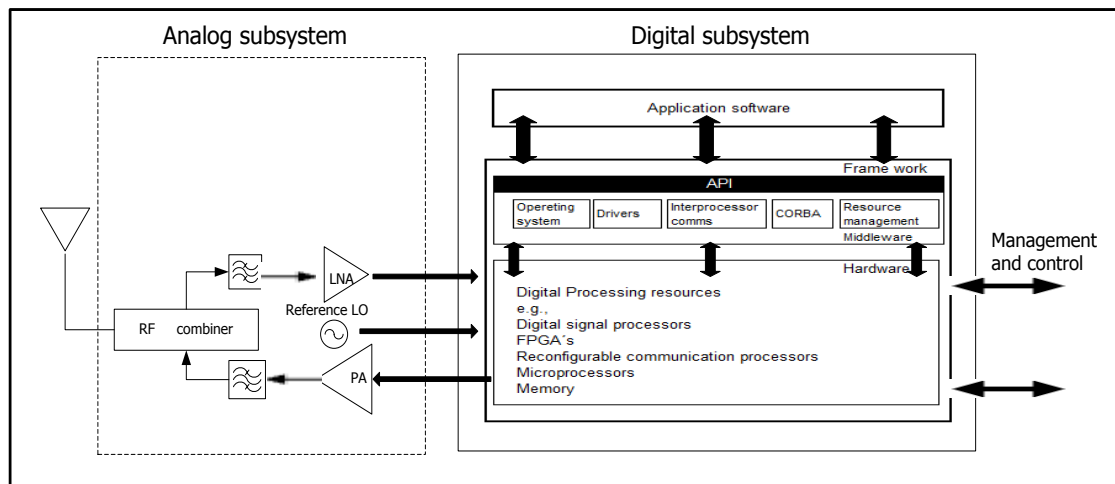


Figura 8. Transmisor Superheterodino

Diseños futuros de SDR y frameworks que usan una API (Application Programming Interface) abierta en capa intermedia hará el desarrollo de aplicaciones más portátiles, rápidas y económicas. Los desarrollos de aplicaciones serán liberadas en la manera en que se diseñan para programar el hardware de bajo nivel y permitirán concentrar en bloques más complicados y poderosas aplicaciones.

La arquitectura ideal es comercialmente factible para el envío limitado de baja velocidad de datos HF y VHF pero aun no es práctico para ninguna generación de tecnología de telefonía celular móvil. La arquitectura ideal es útil como un punto de comparación y actúa como una guía para el desarrollo del hardware y capas intermedias del futuro.

1.10. Complejidad del Proyecto SDR

El objetivo de este proyecto consiste en mejorar la tecnología en mercados cada vez más exigentes y cambiantes, de este modo se incrementa la complejidad del hardware, debido a las mismas exigencias y a la demanda de una mejora en cuanto a mayor ancho de banda, mayor eficiencia, etc. Por lo cual se presiona a los diseñadores a diseñar e implementar softwares en menor tiempo y costo al presupuestado.

Las prácticas en ingeniería de software han progresado desde el diseño de sistemas estructurados en papel y lápiz a diseños asistidos por herramientas y ayudas computacionales.

Muchos proyectos de software de radio y seguramente proyectos de radio 3G se describen como largos y complejos e intensivos sistemas de software por lo que un adecuado planeamiento y ser cuidadosos al momento de elegir un adecuado EDA (Asistente de diseño) son herramientas absolutamente esenciales para un proyecto sea exitoso.